

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 5 月 9 日
Date of Application:

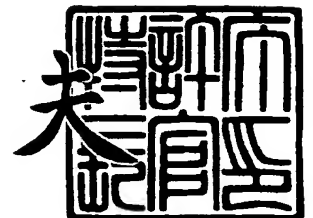
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 3 1 2 6 3
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 3 1 2 6 3]

出 願 人 三 菱 電 機 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 1 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 3 1 3 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 545056JP01

【提出日】 平成15年 5月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 29/772

C23C 8/24

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 戸塚 正裕

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 奥 友希

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100086405

【弁理士】

【氏名又は名称】 河宮 治

【選任した代理人】

【識別番号】 100101454

【弁理士】

【氏名又は名称】 山田 卓二

【選任した代理人】

【識別番号】 100112911

【弁理士】

【氏名又は名称】 中野 晴夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 163028

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表面安定化方法、及び半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 触媒化学気相反応装置を用いて、窒化ガリウム系の半導体基板の表面を安定化する方法であって、

触媒化学気相反応装置内に窒化ガリウム系の半導体基板を配置する工程と、

該触媒化学気相反応装置内に窒素含有ガスを導入する工程と、

該窒素含有ガスを触媒反応を用いて分解して、原子状窒素を形成する分解工程と、

該原子状窒素を該半導体基板に接触させて、該半導体基板の表面を窒化する工程とを含むことを特徴とする表面安定化方法。

【請求項 2】 上記分解工程が、

加熱された触媒体に上記窒素含有ガスを接触させて、該窒素含有ガスを分解する工程であることを特徴とする請求項 1 に記載の表面安定化方法。

【請求項 3】 窒化ガリウム系半導体を用いた半導体装置の製造方法であって、

窒化ガリウム系半導体からなる表面を有する基板を準備する工程と、

該表面を、窒素含有ガスを触媒反応を用いて分解した原子状窒素に接触させて窒化する窒化工程と

該表面上に、ゲート電極と、該ゲート電極を挟んで対向配置されたソース電極及びドレイン電極を形成する電極形成工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 上記窒化工程が、上記表面を選択的に窒化する工程であり、

上記電極形成工程が、選択的に窒化した該表面に、上記電極を形成する工程であることを特徴とする請求項 3 に記載の製造方法。

【請求項 5】 窒化ガリウム系半導体を用いた半導体装置の製造方法であって、

窒化ガリウム系半導体からなる表面を有する基板を準備する工程と、

該表面上に、ゲート電極と、該ゲート電極を挟んで対向配置されたソース電極

及びドレイン電極を形成する工程と、

該ソース電極とゲート電極とに挟まれた領域、及び該ドレイン電極と該ゲート電極とに挟まれた領域の、該表面を、窒素含有ガスを触媒反応を用いて分解した原子状窒素に接触させて窒化する窒化工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 上記窒化工程が、

上記表面にアルミニウム層を形成し、該アルミニウム層からなる表面を窒化する工程であることを特徴とする請求項 3～5 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 7】 窒化ガリウム系半導体を用いた半導体装置の製造方法であって、

窒化ガリウム系半導体からなる表面を有する基板を準備する工程と、

該表面上に、ゲート電極と、該ゲート電極を挟んで対向配置されたソース電極及びドレイン電極を形成する工程と、

全面を覆うように、絶縁膜又はアルミニウム膜を形成する工程と、

該ソース電極とゲート電極とに挟まれた領域、及び該ドレイン電極と該ゲート電極とに挟まれた領域の、該表面を、窒素含有ガスを触媒反応を用いて分解した原子状窒素に接触させて窒化する窒化工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 8】 上記窒化工程が、上記絶縁膜又はアルミニウム膜を通過した上記原子状窒素を上記表面に接触させて、これを窒化する工程であることを特徴とする請求項 7 に記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、窒化ガリウム系半導体の表面安定化方法、及びそれを用いた半導体装置の製造方法に関し、特に、触媒化学気相反応装置を用いた方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

窒化ガリウム (GaN) 系半導体を基板材料に用いた電界効果トランジスタで

は、良好なDC特性や高周波特性が得られなかった。これは、基板表面にトラップが存在するためであり、表面の安定化が必要とされる。そこで、従来は、N₂プラズマやNH₃プラズマを基板に照射し、窒化ガリウム基板表面に存在する窒素原子の空孔や酸素原子を、窒素原子で置換して（即ち、窒化して）、表面の安定化を図っていた（例えば、特許文献1参照。）。

【0003】

【特許文献1】

特開平6-244409号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、基板表面にプラズマを照射した場合、プラズマによるダメージの発生が不可避であり、かかる基板を用いて作製した半導体装置の電気的特性等に悪い影響を与えていた。

【0005】

そこで、本発明は、表面にダメージを与えることなく、表面の安定化が可能な表面安定化方法の提供を目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、触媒化学気相反応装置を用いて、窒化ガリウム系の半導体基板の表面を安定化する方法であって、触媒化学気相反応装置内に窒化ガリウム系の半導体基板を配置する工程と、触媒化学気相反応装置内に窒素含有ガスを導入する工程と、窒素含有ガスを触媒反応を用いて分解して、原子状窒素を形成する分解工程と、原子状窒素を半導体基板に接触させて、半導体基板の表面を窒化する工程とを含むことを特徴とする表面安定化方法である。

かかる表面安定化方法を用いることにより、従来のようなプラズマ入射に起因する表面ダメージを防止しながら、表面を窒化して安定化することができる。

【0007】

【発明の実施の形態】

図1は、全体が50で表される、本実施の形態に用いられる触媒化学気相反応

装置の内部の概略図である。

触媒化学気相反応装置 50 は、チャンバ（図示せず）内に、基板ステージ 1 を有する。基板ステージ 1 の上には、表面の安定化処理が行なわれるウエハ 2 が配置される。また、チャンバ内には、基板ステージ 1 とほぼ対向するようにガス導入部 3 が設けられている。ガス導入部 3 には、例えば複数の孔が設けられており、かかる孔を通して反応性ガス 4 が供給される。

【0008】

ガス導入部 3 の近傍には、例えばタングステンワイヤからなる熱触媒体 5 が設けられている。基板ステージ 1 と熱触媒体 5 との距離は、例えば約 20 mm～約 100 mm 程度である。

基板ステージ 1 と熱触媒体 5 との間にはシャッタ 6 が設けられており、シャッタ 6 を開くことより、ウエハ 2 の表面安定化処理が開始され、シャッタ 6 を閉じることにより、ウエハ 2 の表面安定化処理が終了する。

【0009】

次に、図 1 を参照しながら、窒化ガリウム系基板の表面安定化処理について簡単に説明する。

まず、上述のように、基板ステージ 1 の上に、窒化ガリウム系半導体からなるウエハ 2 を配置する。基板ステージ 1 にはヒータが設けられており、ウエハ 2 の温度を例えば 100℃に保持する。

【0010】

次に、ガス導入部 3 から、例えば N_2 や NH_3 等からなる窒素含有ガス 4 を導入する。 NH_3 を用いた場合、例えば、ガス流量を 100 sccm、チャンバ内の真空度を 10 Pa とする。また、例えばタングステンからなる熱触媒体 5 の表面温度は 1500℃とする。

【0011】

ガス導入部 3 から供給された窒素含有ガス 4 は、熱触媒体 5 による触媒反応により、原子状の窒素に分解される。

【0012】

かかる条件設定は、シャッタ 6 を閉じた状態で行なわれ、条件が安定した後に

シャッタ 6 が開けられる。シャッタ 6 が開いた状態で、ウエハ 2 の表面に、原子状の窒素が供給され、表面の窒化、即ち安定化が行なわれる。表面安定化を終了する場合は、シャッタ 6 を閉じた後に、窒素含有ガス 4 の供給等を停止する。

【0013】

このように、窒化ガリウム系半導体からなるウエハ 2 の表面に、原子状の窒素を供給することにより、ウエハ 2 の表面に存在する窒素空孔や酸素原子（自然酸化膜）を窒素原子で置換して、ウエハ 2 の表面安定化が可能となる。

【0014】

なお、本実施の形態では、窒化ガリウム系半導体からなるウエハ 2 の表面を窒化して安定化したが、窒化ガリウム系半導体からなるウエハ 2 の表面に、Al 層を予め形成しておき、これを窒化して AlN 層を形成して、表面安定化を行なってもよい。

かかる方法では、触媒化学気相反応装置 50 にウエハ 2 を入れる前に、ウエハ 2 の表面に Al 層を蒸着しておく。Al 層の膜厚は約 10 Å～約 50 Å、好適には約 20 Å である。

【0015】

また、窒化ガリウム系半導体には、GaN のほか、AlGaN 等の GaN の Ga 及び／又は N を他の原子で置き換えた半導体も含まれる。

【0016】

【実施例】

以下の実施例に、本実施の形態にかかる表面安定化方法を半導体装置の製造に適用した例を示す。ここでは、電界効果トランジスタを例に説明するが、HEMT 等の他の半導体装置に適用してもかまわない。

【0017】

実施例 1.

図 2 は、全体が 100 で表される、本実施例 1 にかかる電界効果トランジスタの製造工程の断面図である。かかる製造工程は、以下の工程 1～4 を含む。

【0018】

工程 1：図 2（a）に示すように、まず、SiC 又はサファイア基板 11 上に

、GaNのエピタキシャル層12を形成した基板10を準備する。

【0019】

工程2：図2（b）に示すように、上述の触媒化学気相反応装置50を用いて、エピタキシャル層12の表面を窒化し、GaN表面窒化層（安定化層）20を形成する。

【0020】

工程3：図2（c）に示すように、GaN表面窒化層20の上に、ゲート電極14と、これを挟んで対向配置するソース電極15、ドレイン電極16を形成する。

【0021】

工程4：図2（d）に示すように、ゲート電極15等を覆うように、例えば窒化シリコンからなるパッシベーション膜17を形成する。かかる工程で、電界効果トランジスタ100が完成する。

【0022】

電界効果トランジスタ100では、ゲート電極14、ソース電極15、ドレイン電極16、及びパッシベーション膜16と、GaNエピタキシャル層12との界面を安定化させることができる。

【0023】

本実施例1では、GaNエピタキシャル層12の表面を直接窒化したが、エピタキシャル層12の上にアルミニウム層を蒸着した後、アルミニウム層を窒化して窒化アルミニウム層として表面の安定化を図っても構わない。以下の実施例2～5においても同様である。

【0024】

実施例2.

図3は、全体が200で表される、本実施例2にかかる電界効果トランジスタの製造工程の断面図である。図3中、図2と同一符号は、同一又は相当箇所である。かかる製造工程は、以下の工程1～3を含む。

【0025】

工程1：図3（a）に示すように、まず、SiC又はサファイア基板11上に

、GaNのエピタキシャル層12を形成した基板10を準備する。続いて、エピタキシャル層12の上に、ゲート電極14、ソース電極15、及びドレイン電極16を形成する。

【0026】

工程2：図3（b）に示すように、触媒化学気相反応装置50を用いて、ソース電極15とゲート電極14とに挟まれた領域、及びドレイン電極16とゲート電極14とに挟まれた領域の、エピタキシャル層12の表面を窒化し、GaN表面窒化層20を形成する。

【0027】

工程3：図3（c）に示すように、ゲート電極15等を覆うように、窒化シリコンからなるパッシベーション膜17を形成する。かかる工程で、電界効果トランジスタ200が完成する。

【0028】

電界効果トランジスタ200では、パッシベーション膜17の形成直前にGaN表面窒化層20を形成するため、より良好なパッシベーション膜17／エピタキシャル層12界面が得られる。

【0029】

実施例3.

図4は、全体が300で表される、本実施例3にかかる電界効果トランジスタの製造工程の断面図である。図4中、図2と同一符号は、同一又は相当箇所である。かかる製造工程は、以下の工程1～5を含む。

【0030】

工程1：図4（a）に示すように、まず、SiC又はサファイア基板11上に、GaNのエピタキシャル層12を形成した基板10を準備する。続いて、エピタキシャル層12の上に、レジストマスク19を形成し、ソース／ドレイン領域に開口部を設ける。更に、レジストマスク19を用いて、ソース／ドレイン領域の表面を窒化して、GaN表面窒化層20を形成する。

【0031】

工程2：図4（b）に示すように、例えばレジストマスク19を用いたリフト

オフ法によりソース電極 15、ドレイン電極 16 を形成する。ソース電極 15、ドレイン電極 16 は、GaN 表面窒化層 20 の上に形成される。

【0032】

工程 3：図 4（c）に示すように、エピタキシャル層 12 の上に、レジストマスク 21 を形成し、ゲート領域に開口部を設ける。更に、レジストマスク 21 を用いて、ゲート領域の表面を窒化して、GaN 表面窒化層 20 を形成する。

【0033】

工程 4：図 4（d）に示すように、例えばレジストマスク 21 を用いたリフトオフ法により、GaN 表面窒化層 20 の上にゲート電極 14 を形成する。更に、残りの GaN エピタキシャル層 12 の表面を安定化し、GaN 表面窒化層 20 を形成する。

【0034】

工程 5：図 4（e）に示すように、全面を覆うように、窒化シリコンからなるパッシベーション膜 17 を形成する。かかる工程で、電界効果トランジスタ 300 が完成する。

【0035】

電界効果トランジスタ 300 では、GaN エピタキシャル層 12 の表面を安定化し、GaN 表面窒化層 20 を形成した直後に、ゲート電極 14、ソース電極 15、及びドレイン電極 16 をそれぞれ形成するため、ゲート電極 14、ソース電極 15、及びドレイン電極 16 と、GaN エピタキシャル層 12 との界面状態が良好となる。この結果、電界効果トランジスタ 300 の特性が向上する。

【0036】

実施例 4.

図 5 は、全体が 400 で表される、本実施例 4 にかかる電界効果トランジスタの製造工程の断面図である。図 5 中、図 2 と同一符号は、同一又は相当箇所である。かかる製造工程は、以下の工程 1～6 を含む。

【0037】

工程 1：図 5（a）に示すように、まず、SiC 又はサファイア基板 11 上に、GaN のエピタキシャル層 12 を形成した基板 10 を準備する。更に、基板 1

0の上に、酸化シリコンのスペーサ層31を形成する。

【0038】

工程2：図5（b）に示すように、スペーサ層31上に、レジストマスク32を形成し、ゲート領域に開口部を設ける。更に、レジストマスク32を用いて、ゲート領域の表面を窒化して、GaN表面窒化層20を形成する。

【0039】

工程3：図5（c）に示すように、レジストマスク32を除去した後、ゲート電極34を形成する。ゲート電極34は、断面がT字型になるようにパターンニングする。ゲート電極34を形成した後、バッファード弗化水素酸（BHF）を用いてスペーサ層31を選択的に除去する。

【0040】

工程4：図5（d）に示すように、レジストマスク33を形成し、ソース／ドレイン領域に開口部を設ける。更に、レジストマスク33を用いて、ソース／ドレイン領域の表面を窒化して、GaN表面窒化層20を形成する。

【0041】

工程5：図5（e）に示すように、例えばレジストマスク33を用いたリフトオフ法により、GaN表面窒化層20の上にソース電極15、ドレイン電極16を形成する。続いて、レジストマスク33を除去する。

【0042】

工程6：図5（f）に示すように、全面を覆うように、窒化シリコンからなるパッシベーション膜17を形成する。かかる工程で、電界効果トランジスタ400が完成する。

【0043】

このように、T字型ゲート34を有する電界効果トランジスタ400においてもGaNエピタキシャル層12の表面を安定化することにより、電界効果トランジスタ400の特性が向上する。

【0044】

実施例5.

図6は、全体が500で表される、本実施例5にかかる電界効果トランジスタ

の製造工程の断面図である。図6中、図2と同一符号は、同一又は相当箇所である。かかる製造工程は、以下の工程1～6を含む。

【0045】

工程1：図6（a）に示すように、まず、SiC又はサファイア基板11上に、GaNのエピタキシャル層12を形成した基板10を準備する。続いて、触媒化学気相反応装置50を用いて基板10を処理し、GaNエピタキシャル層12の表面にGaN表面窒化層20を形成する。更に、同じ装置を用いて、GaN表面窒化層20の上に、例えば窒化シリコンからなる第1パッシベーション膜41を形成する。続いて、第1パッシベーション膜41の上に、例えば酸化シリコンからなるスペーサ層42を形成する。

【0046】

工程2：図6（b）に示すように、スペーサ層42上に、レジストマスク43を形成し、ゲート領域に開口部を設ける。更に、レジストマスク43を用いて、ゲート領域の表面を窒化して、GaN表面窒化層20を形成する。

【0047】

工程3：図6（c）に示すように、レジストマスク43を除去した後、ゲート電極44を形成する。ゲート電極44は、断面がT字型になるようにパターンニングする。

【0048】

工程4：図6（d）に示すように、ゲート電極44を形成した後、スペーサ層42を、バッファード弗化水素酸（BHF）を用いて選択的に除去する。

【0049】

工程5：図6（e）に示すように、レジストマスク45を形成し、ソース／ドレイン領域に開口部を設ける。更に、レジストマスク45を用いて、ソース／ドレイン領域の表面を窒化して、GaN表面窒化層20を形成する。

【0050】

工程5：図6（f）に示すように、例えばレジストマスク45を用いたリフトオフ法により、GaN表面窒化層20の上にソース電極15、ドレイン電極16を形成する。続いて、レジストマスク45を除去し、更に、全面を覆うように、

窒化シリコンからなる第2パッシベーション膜17を形成する。かかる工程で、電界効果トランジスタ500が完成する。

【0051】

電界効果トランジスタ500では、予め基板10の表面にGaN表面窒化層20を形成した後に、T字型のゲート電極44を形成するため、T字型ゲート44の傘下部においてもGaN表面窒化層20を均一に形成できる。このため、特に、傘下部においても、GaNエピタキシャル層12と第2パッシベーション膜47との界面状態が良好となる。

【0052】

実施例6.

図7は、全体が600で表される、本実施例6にかかる電界効果トランジスタの製造工程の断面図である。図7中、図2と同一符号は、同一又は相当箇所である。かかる製造工程は、以下の工程1～4を含む。

【0053】

工程1：図7(a)に示すように、まず、SiC又はサファイア基板11上に、GaNのエピタキシャル層12を形成した基板10を準備する。続いて、エピタキシャル層12の上に、ゲート電極14、及びこれを挟んで対向配置されたソース電極15、ドレイン電極16を形成する。

【0054】

工程2：図7(b)に示すように、全面を覆うように、薄膜の絶縁膜48を形成する。絶縁膜48は、例えば窒化シリコンからなり、膜厚は約10Å～約50Å、好適には約20Åである。絶縁膜48の代わりに、同程度の膜厚のアルミニウム膜を形成しても構わない。

【0055】

工程3：図7(c)に示すように、触媒化学気相反応装置50を用いて、GaNのエピタキシャル層12を窒化し、GaN表面窒化層20を形成する。かかるエピタキシャル層12の窒化は、絶縁膜48（又はアルミニウム膜）を通った原子状窒素により行なわれる。

【0056】

工程 4 : 図 7 (d) に示すように、全面を覆うように、窒化シリコンからなるパッシベーション膜 17 を形成する。パッシベーション膜 17 と絶縁膜 48 とはともに窒化シリコンからなり、一体の膜となる。かかる工程で、電界効果トランジスタ 600 が完成する。

【0057】

電界効果トランジスタ 600 では、最初に各電極を形成した後に、薄膜の絶縁膜 48 で GaN のエピタキシャル層 12 を覆い、更に、絶縁膜 48 を通してエピタキシャル層 12 の表面を窒化する。このため、エピタキシャル層 12 上に直接パッシベーション膜を形成した場合にパッシベーション膜形成の初期段階においてエピタキシャル層 12 で発生する窒素抜け（窒素空孔の形成）を防止でき、エピタキシャル層 12 とパッシベーション膜 17（絶縁膜 48）との界面を良好な状態にできる。

【0058】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明にかかる表面安定化方法、及び半導体装置の製造方法では、表面にダメージを与えることなく、窒化ガリウム系半導体基板の表面を窒化し、安定化できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態に用いられる触媒化学気相反応装置の概略図である。

【図 2】 実施例 1 にかかる電界効果トランジスタの製造工程の断面図である。

【図 3】 実施例 2 にかかる電界効果トランジスタの製造工程の断面図である。

【図 4】 実施例 3 にかかる電界効果トランジスタの製造工程の断面図である。

【図 5】 実施例 4 にかかる電界効果トランジスタの製造工程の断面図である。

【図 6】 実施例 5 にかかる電界効果トランジスタの製造工程の断面図であ

る。

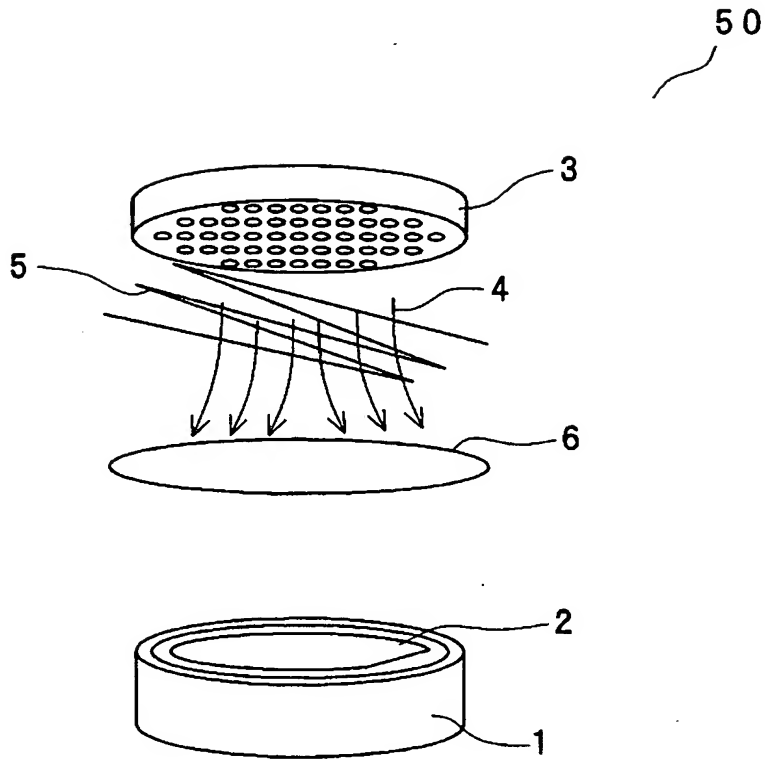
【図 7】 実施例 6 にかかる電界効果トランジスタの製造工程の断面図である。

【符号の説明】

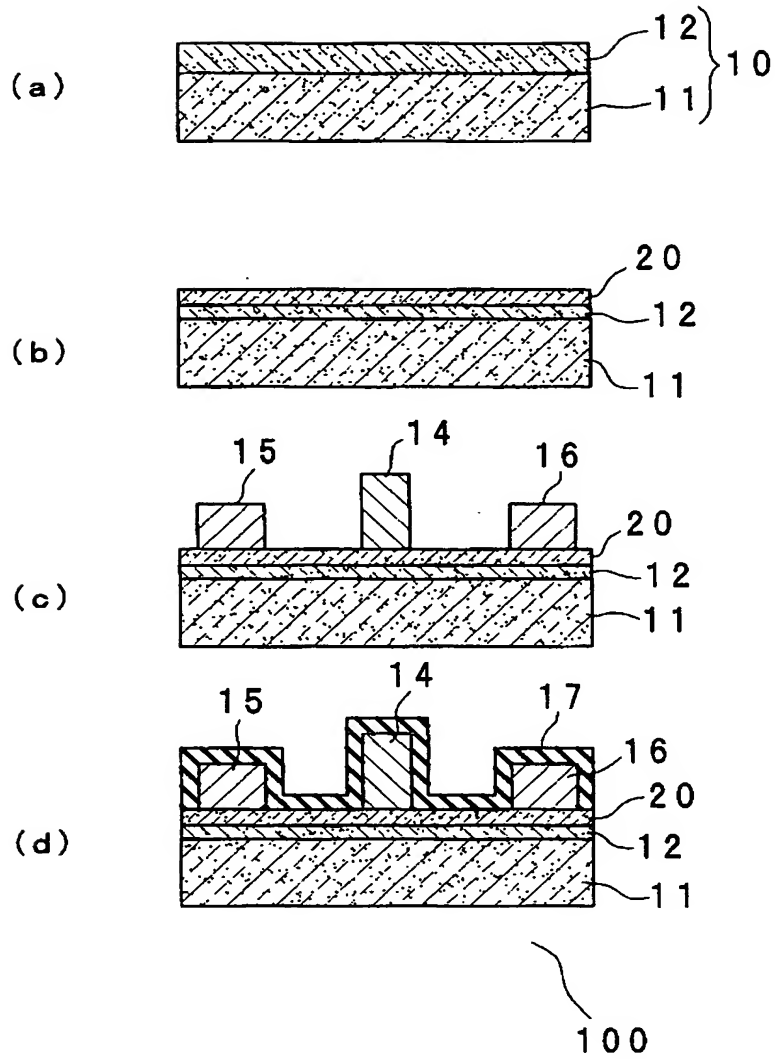
1 基板ステージ、2 ウエハ、3 ガス導入部、4 反応性ガス、5 熱触媒体、6 シャッタ、5 0 触媒化学気相反応装置。

【書類名】 図面

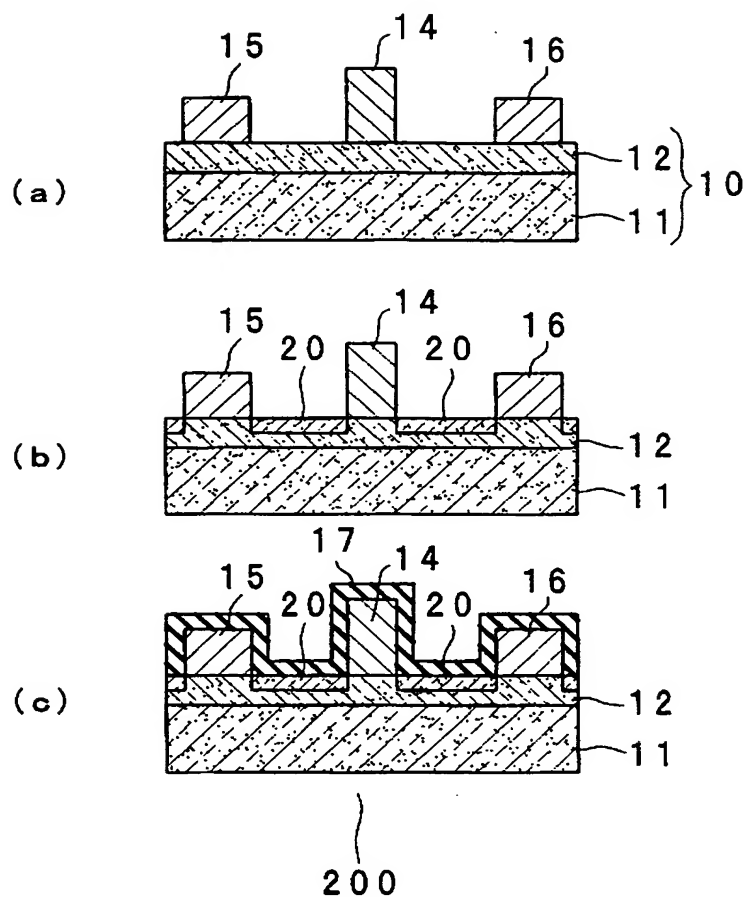
【図 1】



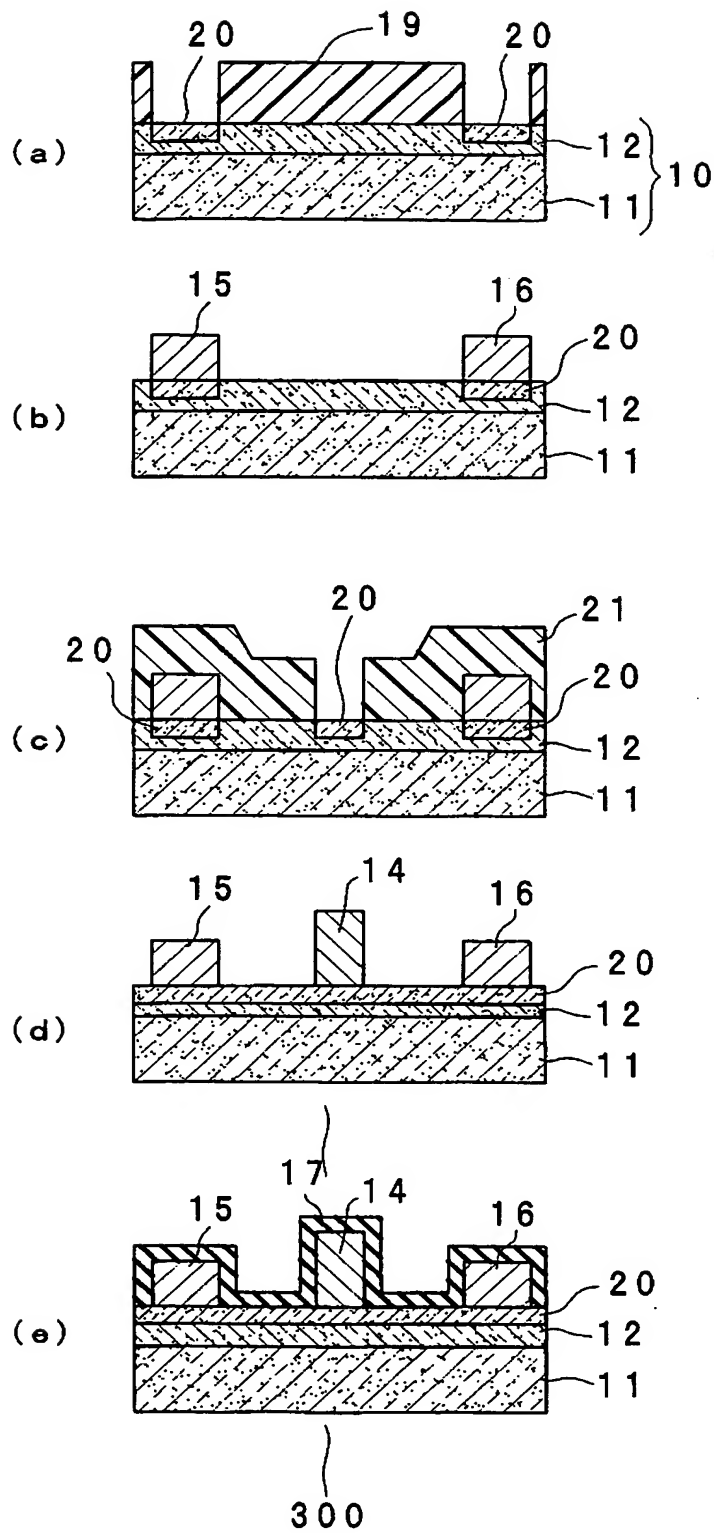
【図 2】



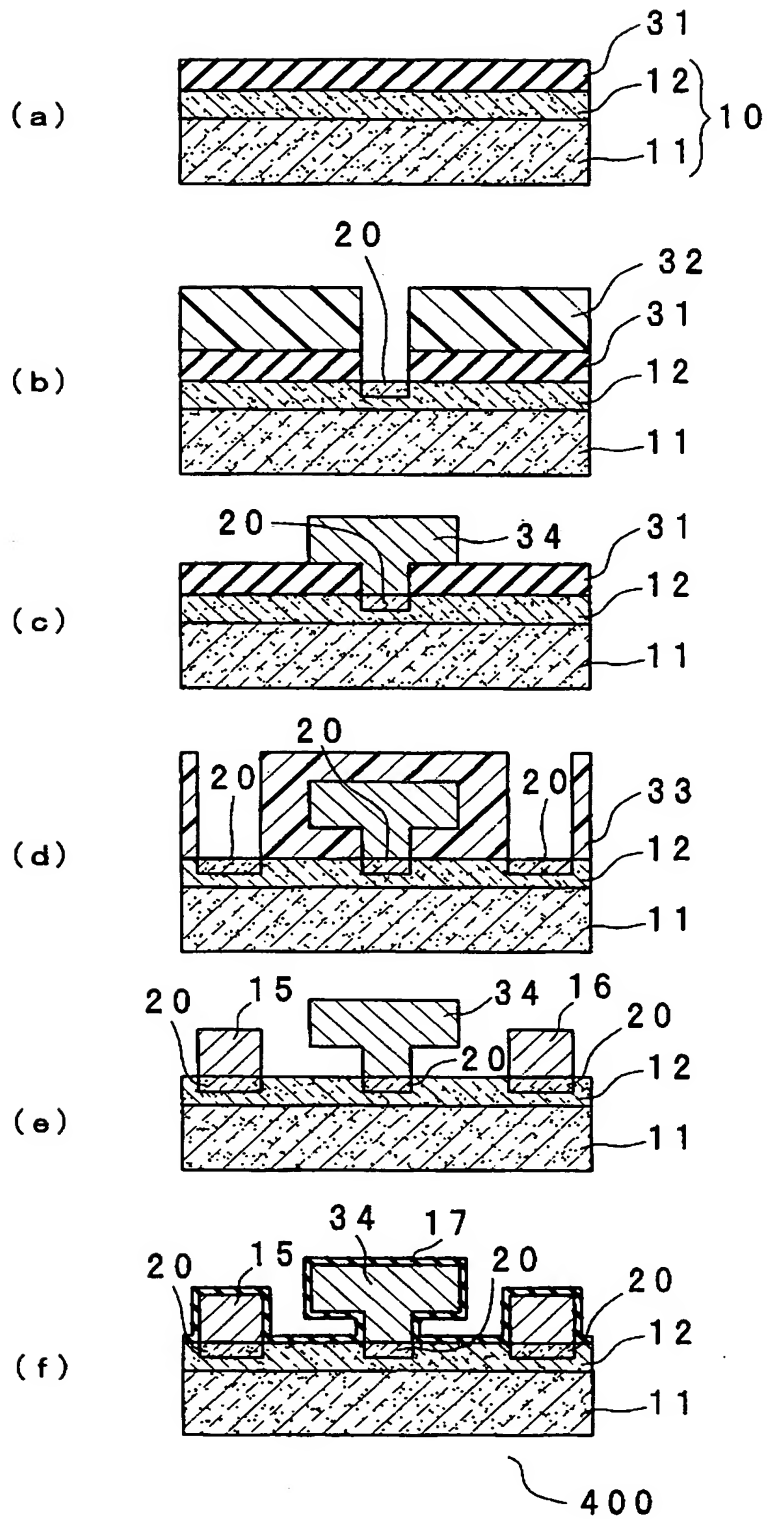
【図 3】



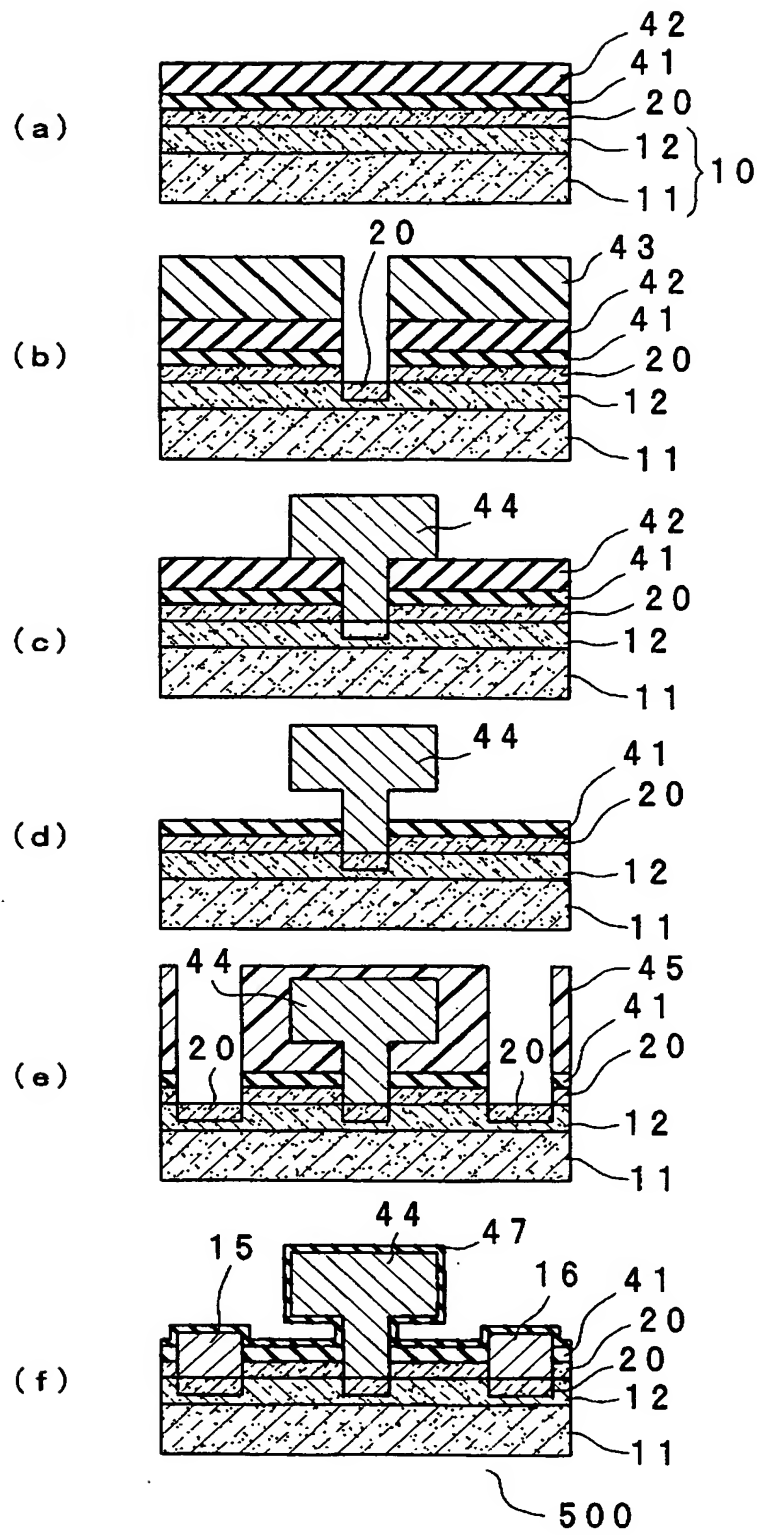
【図 4】



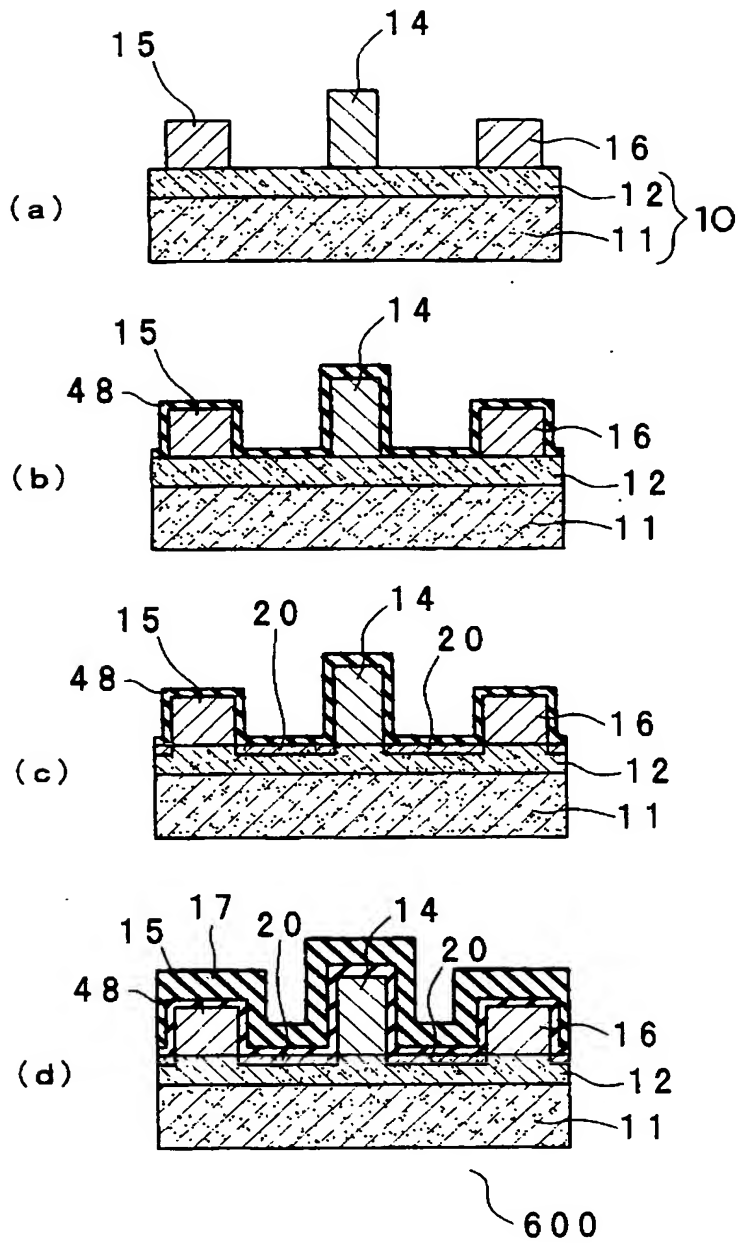
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 窒化ガリウム系の半導体基板の表面にダメージを与えることなく、安定化が可能な表面安定化方法を提供する。

【解決手段】 触媒化学気相反応装置を用いて、窒化ガリウム系の半導体基板の表面を安定化する方法において、触媒化学気相反応装置内に窒化ガリウム系の半導体基板を配置する工程と、触媒化学気相反応装置内に窒素含有ガスを導入する工程と、窒素含有ガスを触媒反応を用いて分解して、原子状窒素を形成する分解工程と、原子状窒素を半導体基板に接触させて、半導体基板の表面を窒化する工程とを含む。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 3 - 1 3 1 2 6 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 0 1 3]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

氏 名

三菱電機株式会社